Opusc. Zool. Budapest, XV, 1–2, 1978

Die Bedeutung der Mikrohabitate bei Streuzersetzungsprozessen in einem Hainbuchen-Eichenwald Ungarns*

Von

A. ZICSI, M. POBOZSNY und K. SZLÁVECZ**

Abstract. This work reports on a series of investigations carried out in a hornbeam–oak forest. In these forests the litter decomposing processes are determined by large-bodied earthworms living in the litter. The earthworms transport the leaves into their burrows on which they place their excrements, thereby, producing the so-called microhabitat. The aim of the investigation was to show the difference in the chemical composition of the hornbeam-leaves found in this microhabitats, on the soil surface, and the changes of this composition during the decomposing process (November, 1975–May, 1976). The change of total organic matter content and the stability coefficient characteristic for humification are determined, as are all the changes occurring in the composition of organic matters like fats and tannin agents, sugars and starch, hemicellulose and pectin, cellulose as well as in proteins. The total nitrogen content concerning its field of application was determined by a new method: neutron activation analysis.

The C/N ratios, the formation of values referring to total organic matter and stability coefficients proved that the decomposition of leaves transported into the burrows is much faster than of those lying on the soil surface or on the surface of the litter layer. No significant changes were observed in the composition of the organic components of the litter. It is very probable that the produced microhabitats serve as "food" and "habitat" niches in the life of other terricolous animals.

Wie bereits in vorausgehenden Arbeiten (ZICSI, 1975; ZICSI, 1978; ZICSI & POBOZSNY, 1977) des Öfters erwähnt wurde, stehen – von bodenzoologischer Seite betrachtet – bei Ökosystemforschungen in Ungarn die Streuzersetzungsprozesse in Hainbuchen- Eichenwäldern im Mittelpunkt des Interesses. Diese deswegen, da in den letzten Jahrzehnten aufgrund von regionellen strukturzönologischen Untersuchungen des Tierbesatzes einheimischer Waldbestände festgestellt werden konnte, dass grosskörperige Lumbriciden-Arten, wie *Lumbricus polyphemus* (FITZ., 1833), *Dendrobaena platyura platyura* (FITZ., 1833), *D. p. depressa* (ROSA, 1893) und *D. p. montana* (CERN., 1932) mit der klimazonalen Vegetationskarte übereinstimmend, ausschliesslich in der Zone der Hainbuchen-Eichenwälder (Querco – petraeae-Carpinetum) vorkommen (ZICSI, 1968).

Da diesen Tieren, von den grossklimatischen Verhältnissen der Standorte abhängend, eine ausschlaggebende Rolle beim Stoffumsatz der Laubstreu und

* Durchgeführt im Rahmen des MAB-Programmes (MAB Report, Ser. No. 41, 1977, "Cserhát-Vértes Project"), sowie des RGW-Programmes (Problem No. III/1).

** *Dr. András Zicsi, Mária Pobozsny* und *Katalin Szlávecz*, ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék (Lehrstuhl für Tiersystematik und Ökologie der Eötvös-Loránd-Universität), 1088 Budapest, VIII. Puskin u. 3.



Abb. 1. Von Regenwürmern in ihre Gänge herangezogene Hainbuchen-Blätter; Frühjahrsaspekt in einem Hainbuchen-Eichenbestand

der Humusanreicherungen im Boden zugemessen werden kann (ZICSI, HARGITAI & POBOZSNY, 1971), wurde um auch seitens der forstlichen Praxis bestehenden Forderungen bei Standortsmeliorationen entgegen zu kommen, die Tätigkeit dieser Arten ins Auge gefasst. Ohne die Bedeutung der übrigen Tiergruppen, oder die der übrigen Lumbriciden-Arten bei der Streuzersetzung in Hintergrund stellen zu wollen, sind wir uns dessen vollkommen bewusst, dass allein bei zoologischen Untersuchungen der Laubstreu-Zersetzung derzeit kaum zu bewältigende Einzelprobleme auftauchen, eine Beschränkung auf einzelne Tierarten oder Teilprobleme ist also unerlässlich.

In der vorliegenden Arbeit wollen wir uns ebenfalls mit einem Teilproblem des Zersetzungsverlaufes befassen. Die Beteiligung der Bodentiere an der Zersetzung des Fallaubes ist in der einschlägigen Literatur äusserst vielseitig erörtert worden. Es ist auch eine allgemein bekannte Tatsache, dass grosskörperige Lumbriciden-Arten — und dies wurde bei *L. terrestris* öfters hervorgehoben (DARWIN, 1837, 1881; HENSEN, 1877; LINDQUIST, 1941; PEREL & SOKOLOV, 1964; ZACHARIAE, 1965; SATCHELL & LOWE, 1967; GRAFF, 1969; ZAJONC, 1969; VAN RHEE, 1977) Laub in ihre Röhren heranziehen, wodurch sich kleine Anhäufungen am Boden bilden. In einem natürlichen Waldbestand, gegebenenfalls im untersuchten Hainbuchen-Eichenwald, wo mehrere dieser Arten, wie *L. polyphemus*, *D. p. platyura* und *D. p. depressa* gleichzeitig auftreten und wie z. B. im Herbst 1975 eine Abundanz von 31,4 pro m^2, im Frühjahr 1976 53,75 pro m^2 erreichten, wird die ansonst einheitliche Laubstreu, bald nach dem Laubfall im Spätherbst in kleinere-grössere Anhäufungen verwandelt (Abb. 1).

Da nachgewiesen werden konnte (ZICSI, 1978), dass die drei angeführten Arten im Jahre 1974/75 90% des gesamten Hainbuchen-Fallaubes verzehrten, ist es einleuchtend, dass in dem untersuchten Hainbuchen-Eichenbesatand der Verlauf der Streuzersetzung durch die Frasstätigkeit dieser grosskörperigen Tiere gesteuert wird.

Ohne uns in der Vielfältigkeit der in der Literatur bekannt gewordenen Auffassungen bezüglich des Begriffes „Nische" (SCHWERDTFEGER, 1975 und von ihm zit. Literatur) verlieren zu wollen, nennen wir diese als „habitat niche" oder auch „food niche" betrachteten Anhäufungen einfach Mikrohabitate.

Da anzunehmen ist, dass sich in diesen Mikrohabitaten einerseits durch die Schleimabsonderungen der Regenwürmer, anderseits durch günstigere Feuchtigkeitsverhältnisse die Abbauprozesse des Fallaubes abweichend von der übrigen Streuschicht gestalten wird, wurde zum Ziel gesetzt vergleichende chemische Untersuchungen bezüglich der Zersetzungsverlaufes durchzuführen. Gleichzeitig wurde die Anziehungskraft dieser Mikrohabitate auch von zoologischer Seite getestet, u. zw. bezüglich der Enchytraeiden-, Collembolen- und Oribatiden-Milben-Synusien geprüft. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind den Arbeiten DÓZSA–FARKAS (Enchytraeiden), 1978, LOKSA (Collembolen), 1978 und BAYOUMI (Oribatiden) 1978 zu entnehmen. Über die Ergebnisse der chemischen Analysen wird in vorliegender Arbeit berichtet.

Untersuchungsmethoden

Die Untersuchungen wurden am Fusse des Naszály-Berges im Cserhát-Gebirge, in dem bereits erwähnten und seit mehreren Jahren untersuchten Hainbuchen-Eichenbestand (ZICSI, 1975) durchgeführt. Es handelt sich um einen ca 60 jährigen Waldbestand, wo die Hainbuche, nach Angaben von ISÉPY (1974, 1977) mit 85% dominiert. Wie aus vorangehenden Untersuchungen bekannt wurde (ZICSI & POBOZSNY, 1977; ZICSI, 1978), beginnt das Heranziehen der Blätter im Spätherbst vorwieglich mit dem Fallaub der Hainbuche und wird auch im späteren – solange vorhanden – präferiert. Bei den chemischen Analysen beschränken wir uns vorerst auf die Untersuchungen dieser Laubart. Die Aufnahmen wurden im November des Jahres 1975 begonnen und in monatlichen Abständen wiederholt. Zur Bestimmung des erwähnten Tierbesatzes wurden je 10 Bohrkerne mit Hilfe eines Stechzylinders (∅ 5,05 cm = 20 cm^2 Grundfläche und 5 cm Tiefe) aus den mit Blättern gefüllten Röhren und unmittelbar daneben vom Boden entnommen. Diese Aufnahmen wurden in doppelter Ausführung durchgeführt, da das Auslesen der Enchy traeiden und Collembolen bzw. Milben ein verschiedenes Verfahren erwünscht.

Für die chemischen Analysen wurden Blätter aus den Röhren, Blätter vom Boden und Blätter aus der oberen Streuschicht, also solche die mit dem Boden noch nicht in direkter Berührung standen, entnommen. Mit Voranschreiten des Zersetzungsverlaufes, insbesondere nach Verschwinden der Schneedecke im Frühjahr liess sich das Auseinanderhalten der beiden letztgenannten Schichten immer schwerer oder überhaupt nicht durchführen, so dass im Mai des Jahres 1976 bloss aus den Röhren und vom Boden Laub gesammelt wurde. In vorliegender Arbeit werden die Ergebnisse der chemischen Analysen von November 1975 bis Mai 1976 zusammengefasst.

Die in verschiedenen Monaten gesammelten Blätter wurden chemisch auf folgende Komponente analysiert: Gesamtorganische Substanz mit Glühverfahren; mit Hilfe der Streustoffanalyse (SCHLICHTIG & BLUME, 1966) wurden Fette und Gerbstoffe, Zucker und Stärke, Pektin und Hemizellulose, Zellulose. Lignin und Eiweis bestimmt. Um die Humifizierungsprozesse des Hainbuchenlaubes verfolgen zu können, wurde der Stabilitätskoeffizient der Proben nach HARGITAI (1955) bestimmt.

Zur Bestimmung des Stickstoffes wurde die vom Lehrstuhl für Atomphysik der Universität ausgearbeitete Neutron-Aktivationsanalyse angewandt (DEÁK et al., 1976). Mit dieser Methode wird in den Proben eine Kernreaktion zustande gebracht, wodurch radioaktive Isotope entstehen. Die Art der Strahlung, das Energiespektrum und die Halbwertszeit des Zerfalles kennzeichnet eindeutig das Isotop, ermöglicht die Identifizierung des Elements; aus der Intensität der Strahlung kann man ferner auf die Konzentration des untersuchten Elementes folgern.

Wenn N mit 14 MeV bestrahlt wird, spielt sich mit grösster Wahrscheinlichkeit folgende Kernreaktion ab:

$$^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{13}_{7}N + 2^{1}_{0}n$$

Der entstandene N – 13 ist radioaktiv: positronstrahlend, Halbwertszeit 10 Minuten. Während der Annihilation entstehen 510 keV Photone, die leicht detektierbar sind.

Die in Polyäthylen – Gefässen verschlossenen, vorausgehend gewogenen Proben wurden 10 Minuten lang mit 14 MeV Neutronen bestrahlt, die in einem Neutrongenerator vom Typ NA – 2 hergestellt wurden. Während der Aktivierungszeit ändert sich der Neutrongehalt der Strahlung des Generators und führt zu Messungsfehlern. Dieser Fehler wurde mit einer Cu-Folie – als Neutronmonitor – eliminiert. Die Neutronfluxus – Veränderung beeinflusst auf gleicher Weise die Aktivität der Probe so wie die des Monitors.

Das γ-Spektrum der Probe wurde mit einem mehrkanaligen Analysator vom Typ NTA 512 aufgenommen, Messungszeit 10 Minuten. Gleichzeitig mit der Probe wurde an einer anderen Messungsstelle die Aktivität der Cu-Folie gemessen.

Wenn die Messung vom Ende der Behandlung mit t_1 beginnt und mit t_2 beendet wird, so ist die Zahl der N_{Pr} Impulse:

$$N_{Pr} = \varepsilon \int_{t_1}^{t_2} I e^{-\lambda t} \, dt = \frac{\varepsilon I}{\lambda} (e^{-\lambda t_1} - e^{\lambda t_2})$$

wo I die Aktivität der Probe, λ die Zerfallskonstante und ε den Detektierungseffekt der Strahlung bedeutet.

Die Bestimmung des ε-Wertes ist übrigens äusserst kompliziert, weswegen ein relatives Verfahren angewandt wird, u. zw. werden unter gleichen Bedingungen die Probe und der von bekannter Zusammensetzung bestehende Etalon, bestrahlt. In diesem Fall ist die Konzentration der Probe:

$$C = \frac{G_{Et} \, N_{Et}^{(m)} \, N_{Pr}}{G_{Pr} \, N_{Et}^{(m)} \, N_{Et}} \times 35\%$$

wo N_{Pr} die Einstichzahl der Proben

N_{Et} die Einstichzahl des Etalon

$N_{Pr}^{(m)}$ bzw. $N_{Et}^{(m)}$ Impulszahl des entsprechenden Monitors

G_{Pr} bzw. G_{Et} eingewogenes Material bedeutet. Als Etalon wurde analytischreines NH_4NO_3 benutzt, dessen N-Gehalt 35% betrug.

Besprechung der Ergebnisse aufgrund der chemischen Analysen

Wie bereits erwähnt, befassen wir uns an dieser Stelle allein mit den Ergebnissen der chemischen Analysen des Hainbuchen-Fallaubes. Die Ergebnisse des Gehaltes der gesamtorganischen Substanz und des Stickstoffes werden in Tabelle 1 zusammengefasst, die Veränderungen in den Werten des Stabilitätskoeffizientes werden auf Abb. 2 veranschaulicht. Die quantitativen Veränderungen der Streukomponente, die mit Hilfe der Streustoffanalyse erlangt wurden, werden auf Abb. 3 bekanntgegeben.

Wir konnten feststellen, dass der Gesamtgehalt an organischer Substanz in allen untersuchten Monaten eine Veränderung zu Gunsten der in den Röhren herangezogenen Blättern aufweist. Innerhalb der einzelnen Schichten sind die Veränderungen in den einzelnen Monate weniger ausgeprägt, eine gleichmässige, wenn auch nicht bedeutende Verminderung konnte nur in der oberen Streuschicht nachgewiesen werden. Diese von 92,17% im November auf 89,06% im Mai sich vollzogene Veränderung ist im Vergleich zu den Angaben des Jahres 1974/75 (ZICSI und POBOZSNY, 1977), wo in der gleichen Zeitspanne eine Verminderung von 92,72% auf 64,12% des Gesamtgehaltes an organischer Substanz bei den Hainbuchenblättern festgestellt werden konnte, äusserst gering. Diese wesentlichen Unterschiede der beiden Jahre sind mit den ganz verschiedenen klimatischen Verhältnissen zu erklären. Wie aus Abb. 4 ersichtlich, sind 1975/76 bedeutend wenigere Niederschläge gefallen, besonders ausschlaggebend sind die Werte der Monate Februar-März 1976, wo bloss 13,9 mm Niederschlag gemessen werden konnte, während in den selben Monaten des Jahres 1975 nahezu das Vierfache, 54,5 mm. Ferner müssen auch noch die schneelosen Frosttage berücksichtigt werden (vergl. Tab. 2), die im Jahre 1975/76 von November bis März 79 Tage betrugen, während im Jahre 1974/75 nur 39 Tage ausmachten.

Tabelle 2. Schneelose Frosttage der Jahre 1974/75 und 1975/76
Boden bis 5 cm Tiefe gefrohren

Monate	1974/75	1975/76
November	–	7
Dezember	3	19
Januar	7	20
Februar	26	25
März	3	8

Mit Sicherheit ist es anzunehmen, dass sich die Gestaltung der klimatischen Verhältnisse des Jahres 1975/76 ungünstig auf die mikrobiellen Zersetzungsprozesse ausübte.

Tabelle 1. Die Gestaltung der gesamtorganischen Substanz, des Stickstoffgehaltes und des C:N-Verhältnisses in den verschiedenen Monaten

1975 – 76	Gesamtorganische Substanz			Gesamtstickstoff			C:N-Verhältnis		
	Streu-schicht	Boden-oberfläche	Wurm-röhren	Streu-schicht	Boden-oberfläche	Wurm-röhren	Streu-schicht	Boden oberfläche	Wurm-röhren
XI.	92,17	86,41	71,98	1,38	1,39	1,31	38,7	36,0	31,8
XII.	92,01	90,75	72,04	1,39	1,55	1,49	38,4	33,9	28,0
II.	91,70	83,16	81,38	1,49	1,54	1,56	35,6	30,7	30,9
III.	90,17	85,96	71,28	1,53	1,63	1,59	31,2	30,6	26,0
V.	89,06*		74,74	1,78*		1,81	28,9*		23,9

* Proben wurden nicht gesondert entnommen.

Tabelle 3. Hainbuchenstreu-Konsum verschiedener Lumbriciden-Arten in mg/Tag auf 1 g Lebendgewicht berechnet (Zicsi, 1978)

Monate	*Lumbricus polyphemus*				*Dendrobaena platyura platyura*				*Dendrobaena platyura depressa*			
	1974/75		1975/76		1974/75		1975/76		1974/75		1975/76	
	C/N	Konsum	C/N	Konsum	C/N	Konsum	C/N	Konsum	C/N	Konsum	C/N	Konsum
XI.	28,0	9,1	38,7	2,6	28,0	6,4	38,7	4,8	28,0	8,4	38,7	1,8
XII.		14,2		3,9		9,0		2,3		11,9		2,1
I.	21,7	23,5		1,5	21,7	23,4		3,3	21,7	21,7		5,3
II.		24,8	35,6	5,1		25,0	35,6	7,1		23,0	35,6	8,8
III.	21,1	35,3	31,2	9,2	21,1	27,2	31,2	8,3	21,1	24,9	31,2	14,9
IV.		37,3		8,5		31,6		6,1		27,5		15,7
V.	16,6	37,8	28,9	19,7	16,6	31,3	28,9	11,8	16,6	33,4	28,9	21,1
Durch-schnitt		26,0		7,1		21,9		6,2		21,5		9,9

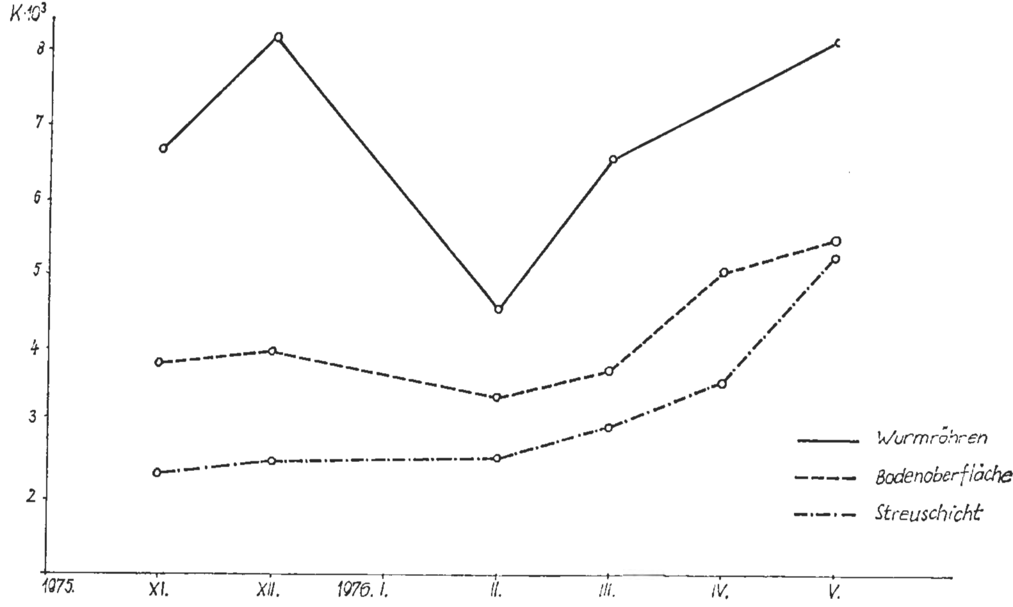


Abb. 2. Veränderungen des Stabilitätskoeffizientes in den verschiedenen Streuproben

Der Stickstoffgehalt zeigt im allgemeinen ein Ansteigen in den einzelnen Monaten. Diese Angaben stimmen übrigens auch mit den in der Literatur vorliegenden Werten gut überein (Gilbert & Bocock, 1960; Gere & Hargitai, 1971; Zicsi & Pobozsny, 1977), abgesehen von den Angaben von Gilbert & Bocock, die dies nur auf Moder-Humus nachweisen konnten, auf Mull-Boden zeigten die Werte des Stickstoffgehaltes keine Veränderungen.

Aus den Veränderungen der gesamtorganischen Substanz und des Stickstoffgehaltes gehen auch die Veränderungen des C:N-Verhältnisses hervor (Tab. 1). Wie aus der Tabelle zu ersehen ist, ist das C:N-Verhältnis in den herangezogenen Blättern in allen Fällen enger als in den anderen Proben. Das C:N-Verhältnis zeigt auch in den aufeinanderfolgenden Monaten eine gewisse Verengung, wenn in diesem Jahr auch nur eine sehr geringe, doch hängt dies, wie bereits erwähnt, mit den ungünstigen klimatischen Verhältnissen des Untersuchungsjahres zusammen.

Da der Gestaltung des C:N-Verhältnisses beim Konsum der Laubstreu bei verschiedenen Bodentieren eine mehr oder minder grosse Bedeutung in der einschlägigen Literatur zugemessen wird, führen wir die mit den 3 Arten erzielten Konsumwerte unserer zur gleicher Zeit monatlich mit gleichem Fallaub durchgeführter Fütterungsversuche an (Zicsi, 1978, Tabelle 3).

Wie aus den Angaben der Tabelle ersichtlich, zeigen sich wesentliche Unterschiede in der Konsummenge von der in den verschiedenen Jahren monatlich angebotenen Nahrung. Ferner sind, wie dies ebenfalls aus der Tabelle ersichtlich, auch die Werte des C:N-Verhältnisses gänzlich verschieden.

Im weiteren sollen noch die Analysenergebnisse des Stabilitätskoeffizientes und die der Streustoffanalyse gewertet werden.

Wie aus Abb. 2 hervorgeht, zeigen sich in den Werten des Stabilitätskoeffizientes in den verschiedenen Streuschichten der einzelnen Monate wesentliche

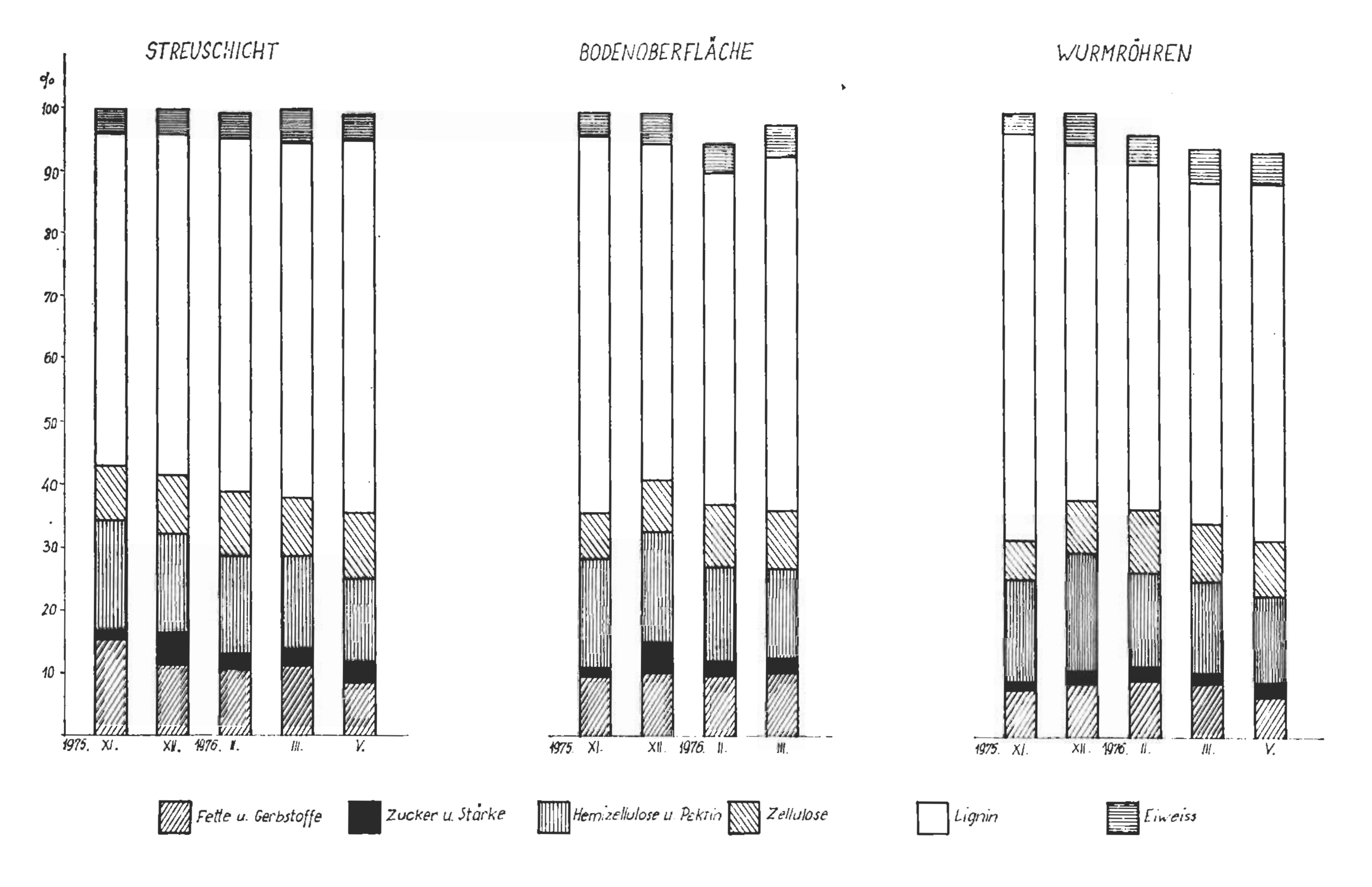


Abb. 3. Mit Hilfe der Streustoffanalyse getrennte Komponente in den verschiedenen Streuproben (Menge der Stoffgruppen in % der gesamtorganischen Substanz)

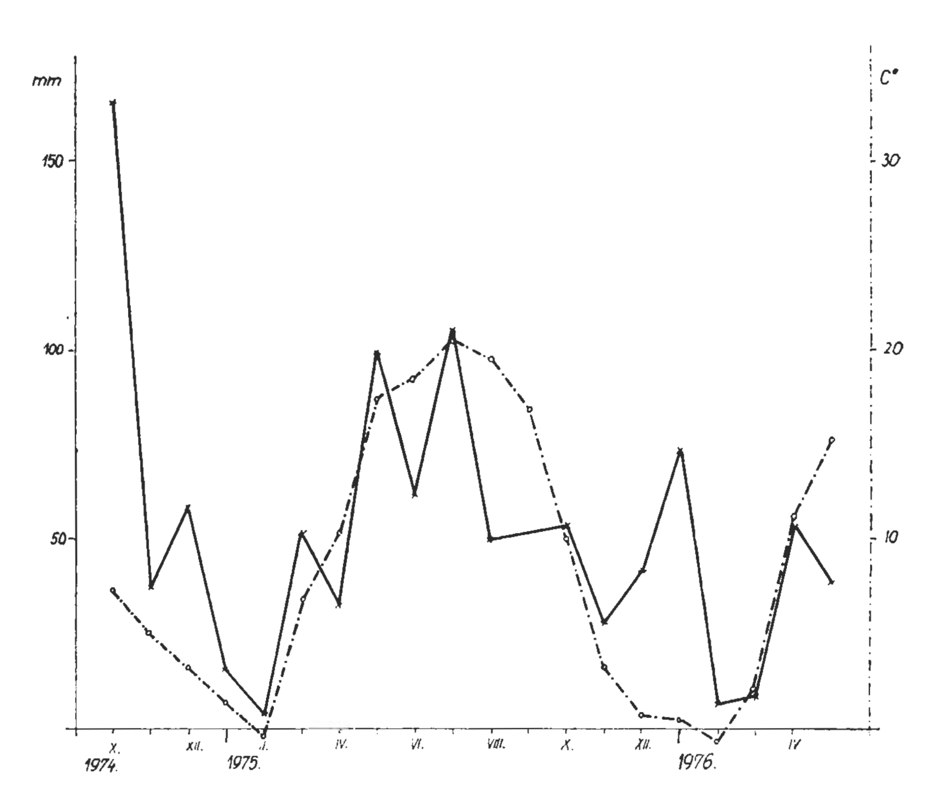


Abb. 4. Gestaltung der Niederschlag- und Temperaturverhältnisse in der Zwischenzeit von Oktober 1974 bis Mai 1976

Unterschiede. Die höchsten Werte konnten in den herangezogenen und von den Regenwürmern erweichten Blättern nachgewiesen werden (1,3 – 3,2-fache der übrigen Blattsubstanzen), woraus gefolgert werden kann, dass die Humifizierungsprozesse in den Anhäufungen vorgeschrittener sind. Die monatlichen Veränderungen des Stabilitätskoefizient-Wertes verfolgend, konnte ebenfalls eine steigendere Tendenz in den übrigen Schichten nachgewiesen werden. Dies stimmt mit den vorangehend bekanntgegebenen Angaben ebenfalls überein (Gere & Hargitai, 1971, Zicsi & Pobozsny, 1977).

Die Schwankungen des K – Wertes bei den herangezogenen Blättern ist hingegen sehr gross. Bevor noch verschiedene Vermutungen ausgesprochen werden sollten, müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Auf Abb. 3 sind die Ergebnisse der Streustoffanalyse veranschaulicht. In der Zusammensetzung der organischen Komponente und deren Verhältnisse lassen sich in den verschiedenen Monaten und innerhalb der einzelnen Monate den untersuchten Schichten entsprechend, keine eindeutigen Unterschiede nachweisen. Geringe Veränderungen konnten z.B. in den verschiedenen Monaten im Hemizellulose- und Pektin-Gehalt vermekt werden, eine Verminderung der Fette und Gerbstoffe konnte innerhalb der verschiedenen Laubsubstanzen der jeweiligen Monate nachgewiesen werden. Eindeutige Folgerungen können jedoch nicht gezogen werden. Die relative Stabilität der Lignin- und Zellulose-Menge

ist nicht überraschend, da dies schwerzersetzliche Komponente sind. Die relative Menge des Eiweisses zeigt ebenfalls keine bedeutenden Unterschiede. Zucker und Stärke sind wasserlösliche Komponente, die schwankenden Werte unterliegen den jeweiligen Feuchtigkeitsverhältnissen. Allgemein konnte festgestellt werden, dass während der Untersuchungsfrist die relative Menge der organischen Streukomponente, also vom November bis Mai nahezu unverändert geblieben ist. Dieser Umstand weist wieder nur darauf hin, dass die mikrobielle Tätigkeit äusserst gering war, da unter günstigeren klimatischen Verhältnissen. wie dies im vorausgehenden Jahr der Fall war, (ZICSI & POBOZSNY, 1977) bedeutend grössere Veränderungen nicht nur in der Menge der Fette und Gerbstoffe. Zucker, Hemizellulose und Eiweisse, sondern auch im Abbau des Lignins und der Zellulose festgestellt werden konnten.

Wie aus den angeführten Ergebnissen ersichtlich, zeigen die Blattsubstanzen in den Regenwurmröhren fortgeschrittenere Zersetzungsprozesse an. Es kann also mit Recht angenommen werden, dass diese Mikrohabitate als Nahrungsquelle oder bei ungünstigeren klimatischen Verhältnissen gleicherweise als „food" und „habitat" Nischen von anderen Tieren bevorzugt werden.

SCHRIFTTUM

1. BAYOUMI, M. B. (1978): *Significance of the microhabitat on the distribution of Oribatid mites in a hornbeam-oak mixed forest.* – Opusc. Zool. Budapest, 15: 51–59.
2. DARWIN, C. R. (1837): *On the formation of mould.* – Trans. Geol. Soc. London, 5: 505–509.
3. DARWIN, C. R. (1881): *The formation of vegetable mould through the action of worms, with observations on their habits.* – London, pp. 326.
4. DEÁK, F., GÁL, M., GUETH, S., KISS, Á. & SÜKÖSD, CS. (1976): *A gyógyszerek nitrogéntartalmának meghatározása 14 MeV-os neutronokkal.* – Gyógyszerészet, 20: 346–347.
5. DÓZSA-FARKAS, K. (1978): *Die systemökologische Bedeutung des Mikrohabitates für das Vorkommen einiger Enchytraeiden-Arten,* – Pedobiologia. 18: 366–372.
6. GERE, G. & HARGITAI, L. (1971): *Untersuchungen über die Humifizierungsprozesse der Laubstreu in Freiem und unter Laboratoriumsverhältnissen.* – IV. Colloquium pedobiologiae, Dijon, 14–19. IX. 1970. Ann. Zool. Ecol. Anim. No. hors serie, 463–471.
7. GILBERT, O. & BOCOCK, K. L. (1960): *Changes in leaf litter when placed on the surface of soils with. contrasting humus types. II. Changes in the nitrogen content of oak and ash leaf litter.* – *J. Soil, Sci.*, 11: 10–19.
8. GRAFF, O. (1969): *Regenwurmtätigkeit in Ackerböden unter verschiedenen Bedeckungsmaterial gemessen an der Losungsablage.* – Pedobiologia, 9: 120–128.
9. HARGITAI, L. (1955): *Összehasonlító szervesanyag-vizsgálatok különböző talajtípusokon optikai módszerekkel.* – Agrártud. Egyet. Közl. Agron. Kar Kiadv., Gödöllő–Budapest, 2: 1–27.
10. HENSEN, V. (1877): *Die Tätigkeit des Regenwurms (L. terrestris) für die Fruchtbarkeit des Erdbodens.* – Ztsch. Wiss. Zool., 28: 354–365.
11. ISÉPY, I. (1974): *Avarprodukció és az avarlebomlás sebességének mérése mezofilm lomboserdőkben.* – Bot. Közlem., 61: 205–216.
12. ISÉPY, I. (1977): *Gyertyános-tölgyesek primér produkciója és az időjárási viszonyok hatása a lombavar bomlására.* – MTA Biol. Oszt. Közlem., 20:199–205.
13. LINDQUIST, B. (1941): *Untersuchungen über die Bedeutung einiger skandinavischer Regenwürmer für die Zersetzung der Laubstreu und für die Struktur des Mullbodens.* – Svensk. Skogsverdförs. Tidskr., 39: 179–242.
14. LOSKA. I. (1978): *Mikrohabitate und ihre Bedeutung für die Verteilung der Collembolengemeinschaften in einem Hainbuchen-Eichenbestand.* – Opusc. Zool. Budapest, 15: 93–117.

15. PEREL, T. S. & SOKOLOV, D. F. (1964): *Quantitative evaluation of the participation of the earthworm Lumbricus terrestris Linné (Lumbricidae, Oligocheata) in the transformation of forest litter.* — Zool. Zh., 43: 1618—1625.

16. RHEE, J. A. VAN, (1977): *A study of the effect of earthworms on orchard productivity.* — Pedobiologia, 17: 107—114.

17. SATCHELL, J. E. & LOWE, D. G. (1967): *Selection of leaf litter by Lumbricus terrestris.* — In: Graff, O. & Satchell, J. E. (ed.): Progress in soil biology. Amsterdam, 102—119.

18. SCHLICHTING, E. & BLUME, H. P. (1966): *Bodenkundliches Praktikum.* — Berlin—Hamburg, pp. 209.

19. SCHWERDTFEGER, F. (1975): *Ökologie der Tiere. Synökologie.* — Hamburg—Berlin, pp. 451.

20. ZACHARIAE, G. (1965): *Spuren tierischer Tätigkeit im Boden des Buchenwaldes.* — Forstwiss. Forsch. Beih. Forstwiss. Cbl., 20: 1—68.

21. ZAJONC, I. (1969): *Synusia analysis of earthworms (Lumbricidae Oligochata) in the oak-hornbeam forest in south-west Slovakia.* — Brussels Symp. Ecology and conservation, 4: 443—452.

22. ZICSI, A. (1968): *Ein zusammenfassendes Verbreitungsbild der Regenwürmer aufgrund der Boden- und Vegetationsverhältnisse Ungarns.* — Opusc. Zool. Budapest, 8: 99—164.

23. ZICSI, A. (1975): *Zootische Einflüsse auf die Streuzersetzung in Hainbuchen-Eichenwäldern Ungarns.* — Pedobiologia, 15: 432—438.

24. ZICSI, A. (1978): *Nahrungsansprüche einheimischer Lumbriciden-Arten und ihre Bedeutung für die Ökosystemforschung in Ungarn.* — Pedobiologia, 18: 341—349.

25. ZICSI, A., HARGITAI, L. & POBOZSNY, M. (1971): *Über die Auswirkung der Tätigkeit des Regenwurmes Lumbricus polyphemus Fitz. auf die Veränderungen der Humusqualität im Boden.* — IV. Colloquium pedobiologiae, Dijon, 14—19. IX. 1970. Ann. Zool. Ecol. Anim. No hors serie, 397—408.

26. ZICSI, A. & POBOZSNY, M. (1977): *Einfluss des Zersetzungsverlaufes der Laubstreu auf die Konsumintensität einiger Lumbriciden-Arten.* — Soil Organisms as Components of Ecosystems. Ecol. Bull. Stockholm, 25: 229—239.